

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 03284892
PUBLICATION DATE : 16-12-91

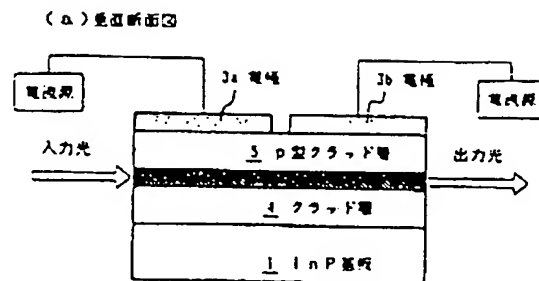
APPLICATION DATE : 30-03-90
APPLICATION NUMBER : 02086232

APPLICANT : FUJITSU LTD;

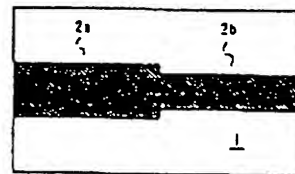
INVENTOR : OGITA SHOICHI;

INT.CL. : H01S 3/18

TITLE : OPTICAL AMPLIFIER



(b) 水平断面図



ABSTRACT : PURPOSE: To obtain necessary gains and saturation power and to reduce noise generation by independently controlling density of carriers to be confined in the part of an induced emission light output side and in the part of an external light input side respectively.

CONSTITUTION: For instance, in a semiconductor laser body 1, an electrode 3 is provided being partitioned in two of 3a and 3b. Thereby, a bias current can be independently supplied to the signal light input side 2a and the output side 2b of an active layer 2 respectively thus to be able to operate for realizing necessary gains and saturation output. Further, a region 2a and a region 2b of the active layer 2 are made to be different in width respectively, whereby measurements suitable for improvement of functions to be shared by respective regions, that is, ensuement of the gains and improvement of saturation output, for instance, when the thickness in the lamination is $0.1\mu\text{m}$, width of the input side shall be $1.5\mu\text{m}$ and width of the output side $1.0\mu\text{m}$. Further, the whole length of the active layer shall be $30\mu\text{m}$ and a material shall be InGaAsP when wavelength of signal light is $1.3\mu\text{m}$ or $1.55\mu\text{m}$. In place of having width fixed and breadth changed, breadth can be constant and thickness can be changed.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報(A) 平3-284892

⑬ Int. Cl.³

H 01 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

6940-4M

⑭ 公開 平成3年(1991)12月16日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全6頁)

⑮ 発明の名称 光増幅装置

⑯ 特 願 平2-86232

⑰ 出 願 平2(1990)3月30日

⑱ 発 明 者 倉 掛 博 英 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

⑲ 発 明 者 荻 田 省 一 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

⑳ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉑ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞 一

明 細 書

1 発明の名称

光 増 幅 装 置

2 特許請求の範囲

(1) 励起電流の注入と外部光の入力によって特定波長光を誘導放出する活性領域を備えた半導体光増幅装置であって、

光増幅装置として作動する際に該活性領域の誘導放出光出力側部分に閉じ込められるキャリアの密度と、該活性領域の外部光入力側部分に閉じ込められるキャリアの密度とを独立に制御する手段を有する構造であることを特徴とする光増幅装置。

(2) 前記活性領域の誘導放出光出力側部分の断面積を外部光入力側部分の断面積より小とすることによって、前記誘導放出光出力側部分の活性領域の光閉じ込め率を小とすることを特徴とする請求項1の光増幅装置。

(3) 前記光導波路の誘導放出光出力側部分に励起電流を注入するための電極と該活性領域の外部光

入力側部分に励起電流を注入するための電極とが独立して設けられていることを特徴とする請求項1の光増幅装置。

(4) 前記活性領域の外部光入力側部分の断面積が誘導放出光出力側部分の断面積より大であると共に、

前記活性領域の誘導放出光出力側部分に励起電流を注入するための電極と該活性領域の外部光入力側部分に励起電流を注入するための電極とが独立して設けられていることを特徴とする請求項1の光増幅装置。

3 発明の詳細な説明

〔 概 要 〕

本発明は光増幅装置として用いられる半導体レーザに関し、

バイアス電流として印加するエネルギー量を増加させることなく飽和出力を高めると共に必要な利得を得ることを目的とし、

レーザ活性層の外部光入力側は、例えば活性層

(2)

断面積を大にすることにより、閉じ込められるキャリア数を多くすることで必要な利得を確保し、活性層の誘導放出光出力側は、例えば活性層断面積を小にすることにより、閉じ込められるキャリアの密度を高めることで飽和出力を向上させる構造を備えて構成する。

上記キャリア数或いはキャリア密度の条件を実現する他の有効な構造は、励起電流注入電極を入力側と出力側に分割して設け、出力側のバイアス電流を独立に増加させることにより該領域のキャリア密度を高めるもので、雑音を抑えて飽和出力を向上させることが可能になる。

(産業上の利用分野)

本発明は光通信に於いて光増幅装置として用いられる半導体レーザに関わり、特に同種レーザの飽和出力を向上させる構造に関わる。

長距離光通信では、光信号伝送路として用いるファイバの損失が大きくなるため、これを補償する増幅器を中継器として設けることが必要である。

には、十分な利得を持つと共に飽和までの出力が大であることが要求されるが、その他、伝送路を分岐させる際の強度低下を補償するための予備増幅器として利用する場合も、利得と飽和出力が大であることが必要である。

単にレーザの飽和出力を高めるだけであれば活性層の断面積を増加させ、バイアス電流を増せばよいのであるが、それだけでは発熱や雑音も同時に増加するので、このような問題を生じることなく飽和時の出力を増加させる技術が求められている。

(従来の技術)

飽和出力を高めるために通常採られる方策は、光導波路の構造や寸法を最適化することであり、光導波路の形状や動作時の状態は入力側から出力側まで均等であることが多い。しかし、特開平1-109789号公報および特開平1-268084号公報に開示された光増幅器では、レーザの光導波路即ちレーザの活性層の形状は入力側と出

この中継器として半導体レーザ増幅器を用いると、光信号を一旦電気信号に変換し、これを増幅した後再び光信号に変換するという手間をかけることなしに、伝送損失を補償することができる。

このような簡便な方法で所期の目的を達成するには、増幅器として用いる半導体レーザが低雑音であり飽和出力も高いものであることが要求される。

半導体レーザを光増幅器として用いる通常の方式は、発振閾値以下のバイアス電流を印加しておき、活性層の一方の端から信号光を入射させるものであって、光入力によってキャリアの閉じ込めによる誘導放出が起こり、入力光に応じた出力光が活性層の他端から出力されるものである。

レーザの活性層の断面積やバイアス電流が均一である場合は、入力側から出力側に向かって光強度が増加するため、利得が高い時やレーザの出力容量が不足する時には、出力側で発光強度が飽和することになる。

中継器と中継器の間の伝送距離を長くするため

力側で異なった形状となっている。

これ等の公開特許公報に開示された半導体レーザの構造は、基本的には、光出力側の活性層の断面積を光入力側の活性層の断面積より大とするものであり、それによって十分な利得と光出力が得られるというものである。

[発明が解決しようとする課題]

半導体レーザを光増幅に利用する場合、飽和出力や利得、雑音などに就いて満たすべき要求値があり、それに従ってレーザを設計する時には、共通のパラメータによってこれ等諸量の相互関係を解析的に理解しておくことが好都合である。

半導体レーザを光増幅に利用する場合の全エネルギー J と光出力との関係は次のように表現することが出来る。

$$J = R + S_{sp} + S_{sp} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 R は光発生以外に消費されるエネルギー、 S_{sp} は入力光には無関係に発生する自然放出光で光通信の雑音成分、 S_{sp} は入力光にตอบสนองして発生

する光である。 R 、 S_{sp} および S_{sp} はいずれも、 J に相応して活性層に生ずるキャリア密度 N に関連する量であるが、 S_{sp} を利得 G と光入力 S_{in} との積と見れば($S_{sp} = G \times S_{in}$)、 G が N に関連することになる。

光増幅器としての動作では、入力と出力の関係を一定に保持するためバイアス電流は固定されており、 J はほぼ一定と見てよいから、入力が小的时候には N は R と S_{sp} で定まり、従って利得 G も一定となるのに対し、 S_{in} が大になると N も変化するため、結果的に G が減少することになり、光出力に飽和の傾向が現れる。即ち、 N が大であるほど S_{in} の影響を受け難く、光出力は飽和し難いことになるが、同時に(1)式の R が大となり、発熱が増えるので、温度上昇のため利得が下がるという負の効果にも配慮しなければならない。

利得 G はキャリア密度 N に関連する量であるが、直接には、キャリア密度ではなくキャリア数に比例するので、利得を高くするにはバイアス電流を増すか、活性層の断面積を大にすることが有効で

(3) ある。

一方、雑音について考えると、 S/N は誘導放出光に対する自然放出光の比であるから、キャリア密度が大であるほど誘導放出光が増し、 S/N が改善されることになる。従って、利得を上げる目的で活性層断面積を大にする場合には、キャリア密度 N を高く維持することが必要となる。

光増幅器の動作を解析する場合、光の閉じ込め率をパラメータとする方法も、装置の改善に有効なことがある。閉じ込め率とは活性層内の光強度と活性層周囲にしみ出した光の強度との比率であって、光の全強度を同じにして活性層の断面積を小にすると、閉じ込め率は下がるが、しみ出した光の強度の増加によって飽和出力の低下は殆ど起こらないことも注目すべき点である。

以上の考察をまとめると、飽和出力を大にし、低雑音で高い利得を実現するには、基本的にはキャリア密度を増すことになるが、発熱その他の制約的条件が存在する場合には、閉じ込め率を小にすることが有効な場合もある、ということになる。

一方、前記両公開特許公報には発明の効果をこのような観点から解析した説明は記載されておらず、活性層断面積の増加が光出力の飽和を抑制することは自明であるとして発明の効果が述べられているにすぎない。また、雑音の抑制については何の説明もなされていない。

これ等の先行技術の光増幅装置が当該特許公報に記載されているような効果を生ずるとすれば、それは専ら活性層断面積が大となる出力端近傍で生じたものと考えられる。即ち、この領域での活性層断面積の増加がレーザの大型化と同じ効果をもたらし、飽和出力が増大したものであり、更に、該領域に励起電流が集中する結果、キャリア数が増加して利得も向上したと推測される。

従って、該先行発明で入力側の活性層断面積が小であることは、この部分では光強度が小であり、飽和の問題とは無縁であるから小であっても構わないという意味しかなく、無用のエネルギー消費を避けることで副次的な効果を生じているにすぎない。

このように考えると、上記両先行発明の光増幅器は光飽和出力の増強と雑音抑制の観点からすれば、最適の構造を備えているとは言い難いことになる。

本発明の解決すべき課題は、必要な利得と飽和出力を備えた光増幅器であって、而も雑音発生の少ない光増幅器を提供することである。

(課題を解決するための手段)

上記課題を解決した光増幅器である本発明の半導体レーザは、

レーザ活性層の外部光入力側は活性層断面積を大にして必要な利得を確保し、活性層の誘導放出光出力側は閉じ込められたキャリア密度を高めるための構造をとすることで構成する。

該キャリア密度を高めるために有効な他の構造は励起電流注入電極を入力側と出力側に分割するもので、出力側のバイアス電流を独立に増加させることによって出力側のキャリア密度をだけを高めることが出来るようになる。

(作用)

本発明の半導体レーザは、要求される機能を光入力側と光出力側に分担させたものと考えることが出来る。即ち、入力側は低雑音で高い利得を備えたものであり、出力側は専ら飽和出力を向上させる構造を備えたものとなっている。以下、夫々の部分について上記機能を備えるため採られた構造とその効果を説明する。

該半導体レーザの入力側は、活性層の断面積とキャリア密度を調整することによって要求される利得を実現している。既に述べたように、利得を高めるには活性層に閉じ込められたキャリアの数を増せば良く、キャリア密度を上げない場合には活性層の断面積を増すことでキャリア数を増すことができる。光通信用の光増幅器として用いる場合、要求値以上の増幅度は不要であり、要求された利得に合わせて必要な活性層断面積とキャリア密度が設定される。

これに対し出力側では高い利得は不要であり、専ら飽和出力を向上させればよいのであるから、

いる、

の一方或いは双方に従うものとなっているが、上に説明した通り、この構成によって前記目的を達成している。

以上の本発明の作用効果の説明は、半導体レーザの領域を2つに分けて行われているが、機能を分担させるという基本に従う限り分割数はそれ以上であってもよく、更には形状を連続的に変化させることによって目的を達成し得ることは当業者の容易に理解するところであろう。なお、項目(4)は他の構造を採ることによって所望のキャリア密度分布が実現される場合にはその構造で代行してもよい。

(実施例)

第1図は本発明の第1の実施例である半導体レーザの構造を模式的に示す図であり、同図(a)は導波路の軸を含む垂直面で切断した断面を示す図、同図(b)は導波路の軸を含む水平面で切断した断面を示す図である。以下、該図面を参照しながらそ

(4)

キャリア密度を上げることが主たる目標となる。そのためには活性層断面積を減らすことが有利に作用する。活性層断面積の減少は光閉じ込め率を低下させるが、しみ出した光が多量に存在することにより飽和出力は増すことになる。この場合、キャリア密度は少なくとも低下させないことが必要であるが、キャリアの総数は入力側と出力側とで異なるから、バイアス電流は領域毎に独立して制御し得ることが望ましい。

活性層の形状を変えることなく上記の目的を達成するには、入力側に比べ、出力側のバイアス電流を大とすることも有効である。バイアス電流を増し、キャリア密度を高くすれば、前記(1)式に於ける S_{00} の影響が小となって飽和出力が増すことになる。バイアス電流の増加は発熱の増加をもたらすが、限定された領域の発熱増であれば、その影響を軽微なものに止めることは容易である。

本発明の半導体レーザの構造は次の2項目即ち、
(a)活性層断面積は出力側が入力側より小である、
(b)入力側と出力側とで独立した電極が設けられて

の特徴とするところを説明する。

図中、1は半導体レーザ本体であり、2は活性層、3aおよび3bは電極である。同図(a)から明らかなように電極が分割して設けられていることから、信号光入力側と出力側に夫々独立にバイアス電流を供給することができ、必要な利得と飽和出力を実現するように動作させることが可能である。

また、同図(b)に見られるように、該半導体レーザの活性層は領域2aと2bでその幅を異にしており、これも各領域が分担する機能即ち利得の確保と飽和出力の向上に適した寸法が選択されている。活性層の寸法の一例を挙げれば、積層方向の厚さが $0.1\mu\text{m}$ の場合、入力側の幅は $1.5\mu\text{m}$ であり、出力側の幅は $1.0\mu\text{m}$ である。また、活性層の全長は $300\mu\text{m}$ 、材料は信号光の波長が $1.3\mu\text{m}$ 或いは $1.55\mu\text{m}$ であればInGaAsPである。

その他の部分を構成する半導体層の材料は通常のもと同じであり、例えば基板1はInP、クラッド層4はInGaAs、p型クラッド層5はInPであり、MOVPE法によって形成される。

本実施例では活性層の断面積を横幅を変えることで変化させているが、横幅を一定にして厚さを変えても良いことは勿論である。その場合の一例は、幅が $1.0\mu\text{m}$ 、入力側の厚さは $0.1\mu\text{m}$ 、出力側のそれは $0.08\mu\text{m}$ である。

これ等の特徴的な部分以外は通常の半導体レーザと同じであり、本発明の半導体レーザもその設計基準に準拠して設計され、通常の方法に従って製造される。

第2図は本発明の第2の実施例の半導体レーザの構造を模式的に示す図である。以下、該図面を参照しながら、本実施例を説明する。

第2図に明示されているように、本実施例の半導体レーザはバイアス電流を注入するための電極が複数に分割されている。ここでは活性層の断面積は入力側から出力側まで一様であり、2が活性層、3a、3b、～3nは電極である。

バイアス電流は入力側の端部で最小であり、次第に増加して出力側の端部で最大となっている。このようにバイアス電流を分布させることによ

(5)

て各領域に機能を分担させ、要求される利得と最大飽和出力を実現している。

既に述べたように本発明の基本は、利得を稼ぐ部分と、飽和出力を増大させる部分とを分け、夫々に最適の構造と動作条件を持たせるものであり、この分割数は2或いはそれ以上であって上限は無く、連続的に変化するものであっても良い。

更に、各領域に所定の動作条件を与えるための手段は、電極を分割せずに形状だけを変化せるものであっても良く、半導体レーザの電流狭窄構造を変化させるものであっても良い。

〔発明の効果〕

以上説明したように本発明の光増幅装置は、光通信用の光増幅器として要求される諸特性を過不足無く実現するに適したものであり、低雑音で低消費電力の光中継器が実現することになる。

4 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例を示す模式図、第2図は本発明の第2の実施例を示す模式図

である。

図に於いて

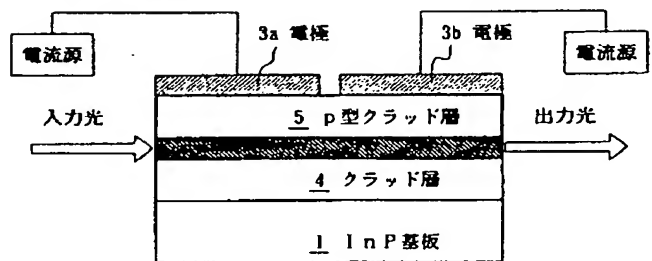
- 1 は半導体レーザ、
- 2、2a、2b は活性層、
- 3a、3b、～3n は電極
- 4 はクラッド層、
- 5 はp型クラッド層

である。

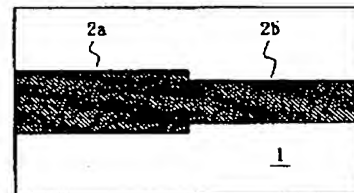
代理人 弁理士 井 桁 貞 一



(a) 垂直断面図



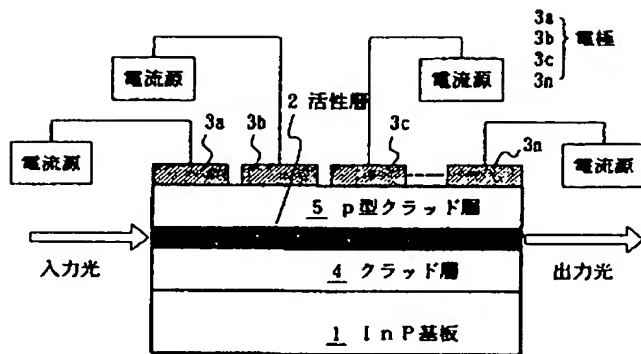
(b) 水平断面図



本発明の第1の実施例を示す模式図

第 1 図

(6)



本発明の第2の実施例を示す模式図

第2図